



Doctoral Thesis

Cutting mechanism of active brazed single diamond grains

Author(s):

Transchel, Robert

Publication Date:

2014

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010350887> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 22156

**CUTTING MECHANISM OF ACTIVE BRAZED SINGLE
DIAMOND GRAINS**

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

ROBERT TRANSCHEL
Dipl.-Ing., Otto-von-Guericke University Magdeburg

born on 20.08.1982

citizen of
Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr.-Ing. Konrad Wegener
Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h.c. Bernhard Karpuschewski
Dr.-Ing. Christian Leinenbach

2014

Abstract

Active brazing of diamonds to a metal substrate enables the manufacture of diamond grinding and dressing tools. This particular bonding technique is characterised by a chemical bonding of the diamonds. An increased grain protrusion favours the chip space between the grains, which can be continuously increased by a predefined arrangement of such diamond grains as applied for Engineered Grinding Tools. However, the precise description of the removal mechanisms at the cutting edge of a single grain is mostly tentative, and largely unexplored. Within this doctoral thesis, the material removal mechanism of active brazed, hexa-octahedral diamonds has been investigated in order to identify the reasons for negative effects in grinding operations such as the high temperatures between the diamonds and the workpiece. These lead to grinding burn and an immense use of cooling lubricant. Due to the extremely highly dynamic character of single grain cutting operations, real grinding speeds were not achieved despite the prior development of a novel dynamometer (MicroDyn), which is also presented in this work.

The clearance angle α was subsequently identified as a parameter that greatly influences the cutting efficiency. Excellent material removal properties were achieved using diamond grains with positive clearance angles. In contrast, negative clearance angles caused the formation of micro-structural alterations in the subsurface zone of the workpiece, and extremely high normal forces due to material ploughing in front of the grain. Based on these experiments, a kinematic-phenomenological cutting and ploughing force model was developed. This model can be applied to predict the specific ploughing forces of the differently oriented grains by evaluating their specific ploughed volume. Finally, it was recognised that particle reinforcement of a Cu–Sn-based filler alloy by in-situ formation of nano-sized TiC particle can be used in practice to enhance the resistivity against severe mechanical constraints. Binder contents of 1wt% in the brazing pastes showed the best performance in single grain failure tests.

Zusammenfassung

Aktivlöten von Diamanten auf metallischen Substraten erweitert das Spektrum der Herstellverfahren von Schleif- und Abrichtwerkzeugen. Die Verankerung der Diamanten basiert auf der Ausprägung einer chemischen Bindung zwischen allen Reaktionspartnern. Durch einen erhöhten Kornüberstand wird der Spanraum immens vergrößert, welches durch eine definierte Anordnung der Abrasivkörner, wie bei Engineered Grinding Tools, zusätzlich begünstigt wird. Eine genaue Beschreibung des vorherrschenden Abtragsmechanismus an der Schneidkante einzelner Abrasivkörner ist weitgehend spekulativ und unvollständig. Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der genauen Untersuchung des Abtragsmechanismus von aktiv gelöteten, hexaoktaedrischen Diamantkörnern um die Ursachen für die negativen Begleiterscheinungen, wie hohe Prozesstemperaturen zu identifizieren. Diese führen nachweislich zu Schleifbrand und verursachen demzufolge einen enormen Einsatz von Kühlschmiermittel. Trotz der Entwicklung eines neuartigen piezoelektrischen Prozesskraftdynamometer (MicroDyn), welches in dieser Arbeit präsentiert wird, verhindert der extrem hohe dynamische Charakter von Einzelkornoperationen den Gebrauch von prozessnahen Schnittgeschwindigkeiten.

Als starker Einflussfaktor auf die Abtragseffizienz der Diamantkörner wurde der Freiwinkel α identifiziert. Positive Freiwinkel führen zu exzellenten Abtragseigenschaften wohingegen der Materialabtrag von Diamantkörnern mit negativen Freiwinkel durch hohe Normalkräfte und der Bildung einer Weisschicht infolge eines zusätzlichen Materialpflügens begleitet war. Basierend auf den Experimenten wurde ein kinematisch-phänomenologisches Modell für den Schneid- und Pflugmechanismus von Diamantkörnern entwickelt. Dies ermöglicht die Vorhersage von absoluten und spezifischen Schnitt- und Pflugkräften unterschiedlich orientierter Diamantkörner auf Basis ihrer spezifischen Pflugvolumen. Abschliessend wurde der Einsatz von partikelverstärktem $Cu - Sn$ Aktivlot durch die in-situ Bildung von TiC Nanopartikeln untersucht. Diese Verstärkung geht einher mit einer erhöhten Widerstandsfähigkeit eingebetteter Diamanten gegenüber äusseren mechanischen Einwirkungen. Ein Bindergehalt von 1wt% in der Lotpaste offenbarte dabei die besten Ergebnisse unter realen Kontaktbedingungen und Schnittgeschwindigkeiten von 5 m/s.